

CW 光音響法を応用した非侵襲血糖モニタの高精度化に向けた 2 次多項式近似アルゴリズム

Second order polynomial algorithms for high sensitivity measurements based on CW photoacoustic protocol dedicated to noninvasive monitoring of blood glucose levels

NTT 先端集積デバイス研究所

○田中 雄次郎, 樋口 雄一, カム セルジュ

NTT Device Technology Laboratories

○Yujiro Tanaka, Yuichi Higuchi, Serge Camou

E-mail: tanaka.yujiro@lab.ntt.co.jp

糖尿病患者は、日常生活の中で血糖を自身で測定・管理することが必要となる。しかし、従来の測定方法は穿刺による採血を要し、測定の煩わしさだけではなく身体的苦痛が非常に大きい。そのため、非侵襲的な測定が強く求められている。非侵襲的測定は、血糖であるグルコースの特異的な光吸収を利用するものが一般的であるが[1]、生体の主成分である水のバックグラウンドおよび光散乱・減衰が大きいという課題がある。この課題に対して、我々は OPBS 法[2]という方法を提案している。OPBS 法は、光音響法を応用した方法である。A、B の 2 波長の光を交互に入力すると、式 1 に示すように測定物が A、B の吸収量の差に応じて音波 S が発生する(式 1)。2 つの光吸収量を等しくすれば、音波が発生しない状態になる。A 及び B の光強度差が濃度によって変化する様子から被測定物の濃度変化 ΔC を推測できる。濃度差と音波が発生しないときの光強度の関係は式 2 のように表すことができる。

$$S = f(\alpha_A P_A - \alpha_B P_B) \quad \alpha: \text{吸収係数} \quad (1)$$

$$\Delta C \propto \frac{P_A(t)}{P_A(t=0)} - \frac{P_B(t)}{P_B(t=0)} \quad (2)$$

音波が生じない光強度差の求め方としては、2 波長のうち一方の光強度 P_A を固定し、他方 P_B を調節する方法がある。 P_B を横軸、 S を縦軸にとった場合、V 字状の特性曲線を得られ、特性曲線の極小値から所要の光強度を求めることができる。極小値を決定するためのアルゴリズムとしてこれまで 1 次多項式近似であったが、極小値の決定精度が課題であった。今回高精度化のため 2 次多項式近似を用いるアルゴリズムを検証したので報告する。

式 2 を用いたグルコース濃度及び温度に対する OPBS 法の応答特性を図 1 に示す。標準偏差 (2σ) は、1 次多項式近似を用いると 270 mg/dL 相当であったのに対して、2 次多項式近似を採用したことにより 140 mg/dL 程度に改善された。一方、OPBS 法は温度に対しても感度がある。図 1 より標準偏差は 0.1 °C 程度であり、グルコースに対する感度に換算すると 200 mg/dL 相当になる。また、検量線からの残差の標準偏差もグルコース、温度に対して、100 mg/dL および 0.1 °C と同程度であった。温度を 0.1°C 以下の変動に制御する、または温度を精度よく測定し補償することによって、グルコース濃度の測定感度をより高められることが示唆される。また、糖負荷試験時の血糖値変化が 100 mg/dL 程度であることを鑑みると血糖値モニタとして十分応用できる可能性が示された。

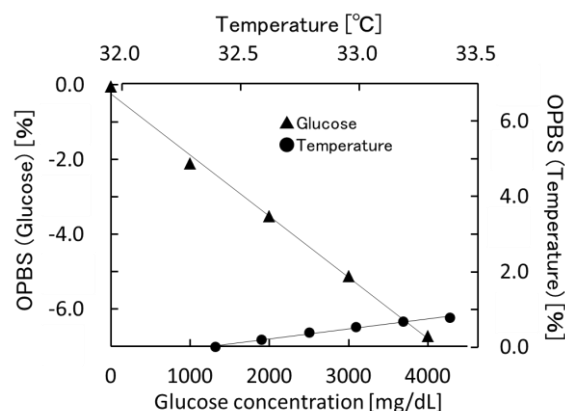


図 1 グルコース濃度及び温度依存性

参考文献

- [1] N. S. Oliver, C. Toumazou, A.E. G. Cass, D. G. Johnston, Diabetic medicine, 26, pp 197-210, 2009
- [2] Camou Serge 他、第 74 回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 17a-E16-9